

DLG-Merkblatt 344

Bodenschonender Einsatz von Landmaschinen



www.DLG.org



Fachzentrum
Land- und Ernährungswirtschaft



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

DLG-Merkblatt 344

Bodenschonender Einsatz von Landmaschinen

Empfehlungen für die Praxis

Autorenteam:

- Robert Brandhuber, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weihenstephan
- Dr. Markus Demmel, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weihenstephan
- Dr. Heinz-Josef Koch, Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen
- PD Dr. Joachim Brunotte, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Braunschweig

Alle Informationen und Hinweise ohne jede Gewähr und Haftung

Herausgeber:

DLG e.V., Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main
Fachzentrum Land- und Ernährungswirtschaft
DLG-Ausschüsse für Ackerbau, für Technik in der Pflanzenproduktion und für Zuckerrüben

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: <http://www.LfL.bayern.de>

1. Auflage, Stand 8/2008

© 2008

Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder – auch für den Zweck der Unterrichtsgestaltung – nur nach vorheriger Genehmigung durch DLG e.V., Servicebereich Information, Eschborner Landstr. 122, 60489 Frankfurt am Main.

1. Einführung

Grundlage der landwirtschaftlichen Produktion sind unsere Böden. Sie sind eine begrenzte und nicht erneuerbare Ressource. Ihre Bewirtschaftung muss langfristig einen guten Bodenzustand gewährleisten. Gefügeschäden mindern den Ertrag und belasten unnötig die Umwelt. Verdichtungen im Unterboden sind kaum dauerhaft zu beheben. Zu den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft gehört deshalb, dass „die Bodenstruktur erhalten oder verbessert wird“ und dass „Bodenverdichtungen durch eine standortangepasste Nutzung, insbesondere durch Berücksichtigung der Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und des von den zur landwirtschaftlichen Bodennutzung eingesetzten Geräten verursachten Bodendrucks, so weit wie möglich vermieden werden“ (Zitat aus § 17 Bundes-Bodenschutzgesetz).

In der Pflanzenproduktion beansprucht der Einsatz von Landmaschinen das Bodengefüge. Die bodenschonende Nutzung leistungsfähiger Landtechnik erfordert bewusstes Handeln und intelligente Lösungen. Die vorliegende Informationsschrift will dazu einen Beitrag leisten. Nach der Erklärung der bodenmechanischen Grundlagen werden Handlungsempfehlungen gegeben und anschließend mit Beispielen von der Bodenbearbeitung bis zur Ernte erläutert.

Diese Schrift wendet sich an Entwickler, Hersteller und Nutzer von Landmaschinen sowie die Beratung. Sie überträgt den nationalen und internationalen Stand des Wissens unter Einbeziehung der VDI-Richtlinie 6101 „Maschineneinsatz unter Berücksichtigung der Befahrbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden“ (<http://www.vdi.de>) in konkrete Handlungsempfehlungen. Sie sind fachlich abgestimmt unter folgenden Forschungseinrichtungen und Organisationen: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Zuckerrübenforschung, Institut für Agrartechnologie im Johann Heinrich von Thünen-Institut, DLG-Ausschüsse für Ackerbau, für Technik in der Pflanzenproduktion und für Zuckerrüben sowie Wirtschaftliche Vereinigung Zucker.

2. Bodenmechanische Grundlagen

2.1 Verdichtung

Beim Fahren über einen Boden werden Kräfte (vor allem Gewichtskraft, daneben auch Trieb-, Brems-, Lenk- und Zugkräfte) über die Kontaktfläche Reifen – Boden (oder Band – Boden) als so genannte Spannungen in den Boden eingetragen. Die Druckzwiesel bildet diesen Vorgang schematisch ab. Sind die eingetragenen Spannungen größer als die im Boden mobilisierbaren Gegenspannungen (Reibungsspannung zwischen den Partikeln, Porenwasserspannung), wird der Boden so weit verformt bzw. verdichtet bis er die notwendige höhere „Stabilität“ erreicht hat.

2.2 Tragfähigkeit des Bodens

Die Tragfähigkeit eines Bodens ist umso höher, je trockener und je dichter gelagert er ist. Feuchte und lockere Böden sind leicht zu verdichten. Merkmal insbesondere gepflügter Böden ist eine lockere Krume über einer oft dichter lagernden Pflug- oder Schlepperradsohle. Darunter liegt der von Natur aus kompakte Unterboden. Anzustreben ist ein durchgehend tragfähiger, von Bioporen durchzogener Boden ohne Verdichtungszonen (Abb. 1).



Quelle: LfL

Abb. 1: Gute Bodenstruktur im Feld – verdichteter Boden in der Fahrgasse

2.3 Aufstandsfläche, Kontaktflächendruck, Reifeninnendruck

Der Druck an der Kontaktfläche Reifen – Boden (oder Band – Boden) wird im Boden dreidimensional weitergeleitet und nimmt mit der Tiefe ab. Jede Vergrößerung der Aufstandsfläche (breiterer Reifen, Zwillingsreifen, längere Aufstandsfläche durch größeren Durchmesser oder abgesenkten Reifeninnendruck, Bandlaufwerk) senkt den Druck an der Kontaktfläche Reifen – Boden (bei gleicher Radlast). In der Krume ist die entlastende Wirkung am größten (Abb. 2).

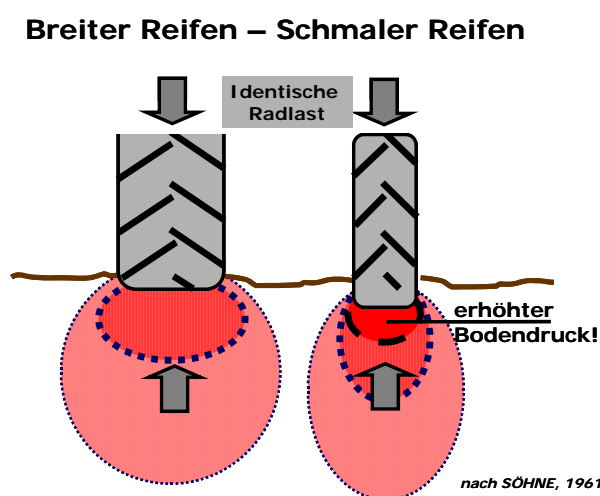


Abb. 2: Breiter Reifen → niedriger Bodendruck;
schmalere Reifen → hoher Bodendruck!

Die Einstellung des Reifeninnendrucks auf den von den Reifenherstellern empfohlenen Wert für Feldfahrten gewährleistet außerdem eine gleichmäßigere Druckverteilung innerhalb der Aufstandsfläche. Verbesserte Traktion durch zusätzlichen Stolleneingriff und geringerer Rollwiderstand sparen Treibstoff.

2.4 Radlast

Hohe Radlasten müssen auf großen Aufstandsflächen abgestützt werden. Sonst sinkt das Fahrzeug auf feuchtem Boden ein (Abb. 3, 4).

Über die vergrößerte Aufstandsfläche (Abb. 4) wird ein größeres Bodenvolumen beansprucht. Die großvolumige Druckzwiebel reicht auch tiefer in den Boden. Eine niedrigere Radlast mit proportional kleinerer Aufstandsfläche beansprucht ein kleineres

Bodenvolumen. Die Druckzwiebel reicht weniger tief in den Boden, obwohl der Kontaktflächendruck in beiden Fällen der gleiche ist.

Damit ist ein Grundprinzip der Bodenmechanik erklärt: Mit zunehmender Radlast gewinnt die Bodenbeanspruchung an Tiefenwirkung.

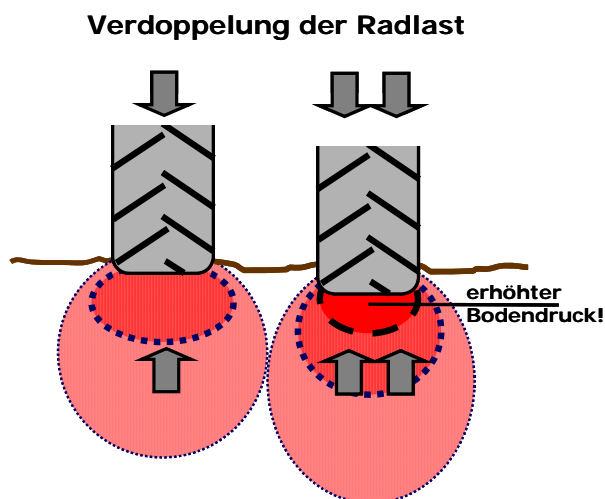


Abb. 3: Doppelte Radlast bei gleicher Aufstandsfläche
→ höherer Bodendruck, Rad sinkt ein

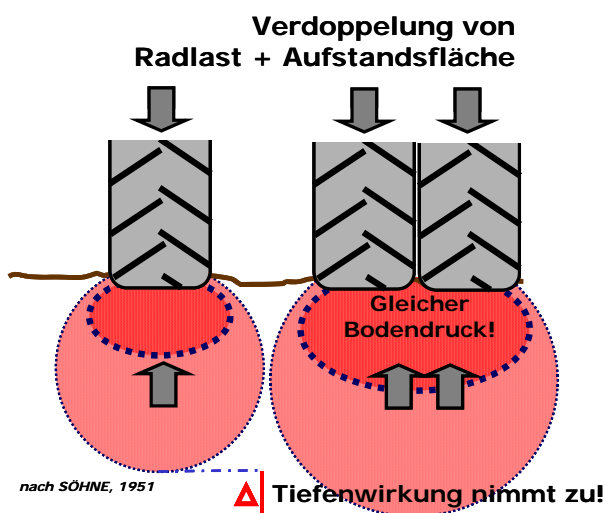


Abb. 4: Doppelte Radlast und verdoppelte Aufstandsfläche
→ größere Tiefenwirkung – trotz gleichen Kontaktflächendrucks!

Praktisch bedeutet das: Soll vermieden werden, dass im Unterboden höhere Drücke als bisher wirken, dann müssen höhere Radlasten (z. B. durch größere und schwerere Maschinen) mit *überproportional* vergrößerten Aufstandsflächen abgestützt werden. Der

Eingangsdruck in den Boden ist dann niedriger. Der Boden kann die eingetragenen niedrigeren Spannungen in der Regel auch in größerer Tiefe tragen. Alternativen sind die Verteilung der Gesamtlast auf zusätzliche Räder (mit reduzierter Radlast) mit deutlicher Absenkung des Reifeninnendrucks oder der Einsatz von Bandlaufwerken mit sehr großen Aufstandsflächen.

2.5 Überrollhäufigkeit

Während einer Überrollung wird der Boden weniger als eine Sekunde lang mechanisch beansprucht. In solch kurzen Zeiten können Porenwasser und -luft nicht aus dem Boden gepresst werden: Sie schützen den Boden vor Verdichtung. Durch länger einwirkende oder kurz aufeinander folgende Belastungen geht dieser Schutzmechanismus jedoch verloren.

Vorteil großer Arbeitsbreiten ist ein geringer Anteil an insgesamt überrollter Fläche (Mähdrusch, Bodenbearbeitung, Pflegearbeiten). Spurversetztes Fahren (Hundegang) vermeidet Mehrfachüberrollung bei insgesamt hohem überrollten Flächenanteil.

2.6 Fazit

Die mechanische Belastbarkeit der Böden hat Grenzen. Ziel muss sein, Gewichts- und Zugkräfte von Landmaschinen auf tragfähigen Böden mit möglichst geringer Spurbildung abzustützen.

3. Handlungsempfehlungen

Um eine weitgehende und effektive Bodenschonung zu erreichen ist es notwendig, verschiedene, sich ergänzende Maßnahmen zu ergreifen:

3.1 Tragfähigkeit der Böden verbessern!

Bodenbearbeitungsverfahren mit reduzierter Häufigkeit, Intensität und Eingriffstiefe stärken die Tragkraft des Bodens. Dabei leistet die „Mulchsaat ohne tiefe Lockerung“ (Bearbeitungstiefe 10-12 cm) aufgrund geringerer Eingriffstiefe einen größeren Beitrag

zur Verbesserung der Bodentragfähigkeit als die „Mulchsaat mit Lockerung“ (Bearbeitung auf Krumentiefe). Von Bodentieren und Wurzeln geschaffenes Gefüge ist stabiler als durch Bodenbearbeitung erzeugte Gefügestrukturen.

Die oft gute Befahrbarkeit konservierend bearbeiteter Böden auch bei sehr feuchtem Zustand darf jedoch nicht dazu verleiten, unter diesen Bedingungen Feldarbeiten durchzuführen. Wird von Mulchsaat mit Lockerung dauerhaft auf Mulchsaat ohne tiefe Lockerung übergegangen, so ist darauf zu achten, dass es durch hohe Bodendrücke nicht zu "verlassenen Krümen" kommt und die Bodenfunktionen gestört sind.

Generell ist auf eine ausreichende Kalkversorgung der Böden zu achten.

3.2 Befahren zu feuchter Böden vermeiden!

Der wichtigste Grundsatz zum Schutz des Bodengefüges lautet: Keine Fahrten auf sehr feuchtem Boden! Dazu muss die vorgesehene Kapazitätsauslastung einer Landmaschine Arbeitspausen bei extremer Witterung erlauben. Erhebungen haben gezeigt, dass in einem durchschnittlichen Herbst an nur etwa der Hälfte der verfügbaren Tage eine ausreichend niedrige Bodenfeuchte vorhanden ist. Im Frühjahr ist der Boden wegen der gespeicherten Winterfeuchte trotz abgetrockneter Bodenoberfläche häufig sehr druckempfindlich. Mit hoher Schlagkraft können Zeitspannen mit ausreichender Befahrbarkeit effektiv genutzt werden. Ggf. kann eine flexible Einsatzgestaltung im überbetrieblichen Maschineneinsatz auf unterschiedliche Bodenfeuchte in einem größeren Gebiet reagieren.

3.3 Reifeninnendruck anpassen!

Feldfahrten mit hohem Reifeninnendruck belasten den Boden unnötig. Geringere Traktion und höherer Rollwiderstand durch Spuren kosten zusätzlichen Kraftstoff. Moderne Radialreifen ermöglichen bei niedriger Geschwindigkeit (Arbeit im Feld) eine hohe Tragfähigkeit mit niedrigem Reifeninnendruck und damit großer Reifenaufstandsfläche. Der für die jeweilige Last und Fahrgeschwindigkeit zugelassene Reifeninnendruck ist der Betriebsanleitung des Reifenherstellers zu entnehmen.

Angeboten werden unterschiedlich aufwändige technische Einrichtungen für die Anpassung des Reifeninnendrucks an Feld- und Straßenfahrt. Bei häufigem Wechsel

von Feld- und Straßenfahrt und einem starken Wechsel der Radlast (z. B. bei der Gülleausbringung) sollte der Reifeninnendruck von der Fahrerkabine aus verstellt werden können.

In der VDI-Richtlinie 6101 „Maschineneinsatz unter Berücksichtigung der Befahrbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden“ sind Richtwerte für den maximalen Reifeninnendruck bei Feldfahrten angegeben und allgemein anerkannt. Folgende Reifeninnendrucke sollten nicht überschritten werden:

- 1 bar auf gelockertem oder feuchtem Acker
- 2 bar auf abgesetztem oder trockenem Boden

3.4 Fahrwerke mit großer Aufstandsfläche nutzen!

Müssen sehr hohe Gesamtlasten abgestützt werden, sollten bevorzugt Fahrwerke eingesetzt werden, die sehr große Aufstandsflächen ermöglichen:

- Bandlaufwerke (für Erntemaschinen und große Schlepper)
- Zwillingsräder (für Schlepper und Erntemaschinen)
- Fahrwerke mit zusätzlichen Achsen (für Transportfahrzeuge, Güllefässer, Ernte-/Ladewagen und Rübenroder)
- Achtrad-Fahrwerke (innovative Lösung für Ernte-/Ladewagen und Transportfahrzeuge)

Ziel bei Radfahrwerken muss es sein, den Reifeninnendruck deutlich abzusenken.

3.5 Niedrigere Radlasten bevorzugen!

Die Tiefenwirkung der Bodenbeanspruchung nimmt mit steigender Radlast zu. Bei optimaler Bereifung ist ein Fahrzeug mit niedrigerer Radlast die bodenschonendere Alternative. Mehrjährige Untersuchungen auf abgesetztem Boden zur Ernte belegen ein erhöhtes Risiko von Unterbodenverdichtung bei Radfahrwerken auch bei optimaler Bereifung, wenn eine Radlast von 10 t deutlich überschritten wird. Dies gilt vor allem bei feuchtem Boden.

Aufgesattelte und gezogene Arbeitsgeräte führen im Vergleich zum Dreipunktanbau zu einer niedrigeren (Hinter-)Radlast, die wiederum einen geringeren Reifeninnendruck ermöglicht.

4. Von der Bodenbearbeitung bis zur Ernte

4.1 Grundbodenbearbeitung

Die Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug birgt aus drei Gründen ein erhöhtes Risiko für Bodenverdichtung:

1. Beim Pflügen in der Furche lasten knapp 50 % des Gesamtgewichts (Schlepper + Pflug) auf dem furchenseitigen Schlepperhinterrad (bei dreipunktangebauten Pflügen).
2. Diese hohe Last wirkt direkt auf den Furchengrund.
3. Besonders beim Pflügen im späten Herbst oder im Frühjahr ist der Boden dort oft feucht und somit druckempfindlich.

Deshalb gilt es bei der Terminierung der Grundbodenbearbeitung auf die Bodenfeuchte zu achten: Auch zu Sommerungen schon im Herbst bei noch trockenen Bedingungen pflügen, frühe Frühjahrsfurche vermeiden. Das On-Land-Pflügen führt zu einer gleichmäßigen Belastung der Hinterräder. Dabei wird die Last auch in der Krume abgestützt, die anschließend intensiv gelockert wird.

Bei konservierender Bodenbearbeitung treten die oben dargestellten Risiken nicht oder nur bedingt auf, da generell auf der Krume gefahren wird und die Lockerungsintensität geringer als nach Pflugfurche ist. Allerdings sollte bei durch Niederschlag vollgesogenem Oberboden auf eine Bearbeitung verzichtet werden, da keine optimalen Keimbedingungen geschaffen werden und das Risiko von Krumenverdichtungen zunimmt.



Quelle: Lemken

Abb. 5: On-Land-Pflügen mit abgesenktem Reifeninnendruck

4.2 Bestellung

Bei der Bestellung sind die Böden besonders nach Pflugfurche zumeist sehr locker und im Frühjahr bereits in geringer Tiefe sehr feucht und damit verdichtungsempfindlich. Das bedeutet:

1. Ausreichendes Abtrocknen abwarten;
2. so wenig Überfahrten wie möglich;
3. Traktoren mit breiten Reifen oder Zwillingsrädern und angepasstem, abgesenktem Reifeninnendruck einsetzen;
4. Maschinengewichte, Achs- und Radlasten so weit wie möglich reduzieren.

Niedrige Radlasten ermöglichen es, den Reifeninnendruck entsprechend den Luftdrucktabellen der Reifenhersteller abzusenken. Im Frühjahr sollten die Felder mit weniger als 1 bar befahren werden. Niedriger Reifeninnendruck ist nicht nur bodenschonend, sondern erhöht auch die Effektivität der Zugkraftumsetzung und senkt damit den Treibstoffverbrauch.

Zur Reduzierung der Radlast, besonders an der Traktorhinterachse, trägt der bei großen Gerätearbeitsbreiten übliche Einsatz von aufgesattelten anstelle von dreipunkt-

angebauten Geräten bei. Zunehmend stehen auch aufgesattelte Geräte mit vergleichsweise geringen Arbeitsbreiten von 3 und 4 Metern Arbeitsbreite zur Verfügung (z. B. Grubber, Universaldrillmaschinen, Kartoffellegegeräte).



Quelle: Amazone

Abb. 6: Bestellverfahren mit aufgesattelten Geräten

4.3 Gülleausbringung

Die Ausbringung von Gülle erfolgt besonders im Frühjahr auf meist sehr druckempfindlichen Böden. Aus technischer Sicht stellt die Kombination von schneller Straßenfahrt und Feldfahrt auf wenig tragfähigem Boden bei hohen Lasten eine Herausforderung dar. Zwei Verfahrensalternativen bieten sich an:

1. Trennung von Straßentransport und Ausbringung im Feld. Transportfahrzeuge werden für die Straße optimal bereift, das Ausbringfahrzeug im Feld erhält bodenschonende Breitreifen mit niedrigem Reifeninnendruck. Alternativ kann eine Güllerverschlauchung eingesetzt werden.
2. Für die Kombination von Gülletransport und Gülleausbringung sind großvolumige Radialreifen zusammen mit einer Reifendruckregelanlage ideal. Mit hohem Reifeninnendruck erfolgt die Fahrt zum Feld. Am Feldrand wird der Reifeninnendruck

automatisch und schnell abgesenkt. Ist das Fass entleert, kann bei geringer Last mit niedrigem Luftdruck und hoher Geschwindigkeit die Rückfahrt beginnen, der Reifeninnendruck wird während der Fahrt wieder erhöht.



Quelle: Zunhammer

Abb. 7: Trennung von Straßentransport und Ausbringung der Gülle mit Ausbringfahrzeug



Quelle: LfL

Abb. 8: Alternative: Gülleverschlauchung



Quelle: LfL

Abb. 9: Güllefass mit Tandemachse und integrierter Reifeninnendruckregelung

4.4. Mähdrusch

Auch bei Mähdruschern geht der Trend zu immer leistungsfähigeren, größeren und damit schwereren Maschinen. Die Spitzenmodelle erreichen Schneidwerksbreiten von 10 m und Korntankvolumina von 12-14 m³. Einer bodenschonenden Bereifung setzt die

Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung mit einer maximalen Außenbreite von 3,4 oder 3,5 m Grenzen.

Dadurch ist die Reifenbreite bei Sechs-Schüttler-Maschinen im Straßenverkehr auf 620-680 mm begrenzt. Radlasten von mehr als 10 t erfordern dabei einen Reifennendruck von 3-3,5 bar. Das Risiko von Bodenverdichtungen ist dann besonders bei feuchten Erntebedingungen sehr hoch. Eine breitere Bereifung (800-1050 mm Breite für niedrigeren Reifennendruck) lässt sich nur im arrondierten Betrieb ohne Straßenfahrten realisieren. Straßenfahrt und Bodenschonung im Feld erfordern Zwillingsbereifung (Transport der Zwillingsreifen und Montage!) oder Bandlaufwerke. Letztere verbinden eine geringe Maschinenbreite auf der Straße und eine große Aufstandsfläche im Feld und haben ihr Potenzial zur Bodenschonung in mehreren Untersuchungen nachgewiesen. In der oberen Leistungsklasse bieten Axial-Rotor-Mähdrescher konstruktiv den Vorteil, Bodenschonung und Straßenfahrt zu vereinen: Die „schlanken“ Rotoren als Druschorgane ermöglichen es, breitere Reifen zu verwenden.



Quelle: Weissbach

Abb. 10: Mähdrescher mit Zwillingsbereifung



Quelle: Claas

Abb. 11: Bandlaufwerk am Mähdrescher

Fünf-Schüttler-Mähdrescher bieten auch bei Tangentialdreschwerken die Möglichkeit, auf öffentlichen Straßen Reifen mit 710-800 mm Breite zu nutzen, die bei Radlasten von unter 10 t einen Reifeninnendruck (im Feld) von 2-2,5 bar zulassen.

Eine weitere Erhöhung der Ernteleistung ist durch das Abtanken während des Drusches anstelle des Überladens im Stand auf dem Vorgewende möglich. Hierzu sollten jedoch nur optimal bereifte Transportfahrzeuge eingesetzt werden und der Abtransport in Fahrgassen erfolgen. Bei kurzen Feld-Hof-Entfernungen kann der Transport einphasig mit Kippen erfolgen. Bei größeren Entfernungen ist eine Trennung von Feld- und Straßentransport sinnvoll. Für Feldfahrten werden großvolumig bereifte Überladewagen angeboten. Hochdruckbereifte Straßenfahrzeuge gehören nicht auf das Feld!

4.5 Silagebergung

Bei den üblichen Verfahren zur Bergung von Silage treten ähnliche Probleme auf wie bei der Gülleausbringung: Bodenschonender Feldtransport und schneller Straßentransport sollen mit der gleichen Technik erfolgen. Die bei der Gülleausbringung vorteilhaften automatischen Reifendruckregelanlagen sind hier nicht nutzbar. Sie sind nicht in der Lage, den Luftdruck beim Wechsel vom Feld auf die Straße schnell genug anzuheben. Es gilt daher, sowohl Lade- und Erntewagen wie auch die Transportfahrzeuge bo-

denschonend auszustatten. Dies kann mit mehrachsigen Fahrwerken (Tandem, Tridem) und großvolumigen Reifen erfolgen. Eine Alternative stellt ein Achtrad-Fahrwerk speziell für Ernte- und Ladewagen dar: Mit acht Rädern kann es eine insgesamt große Aufstandsfläche realisieren, obwohl der Reifendurchmesser nicht allzu groß ist (Bauhöhe).



Quelle: Krone

Abb. 12: Großvolumig bereifter Transportanhänger für Häckselgut

Auch bei der Silagebergung erfüllt die Trennung von Feld- und Straßentransport die unterschiedlichen Anforderungen der beiden Transportbereiche bestmöglich. Die Entwicklung von Überladetechniken wie beim Mähdrusch (Getreide-Überladewagen) oder bei der Zuckerrübenverladung (Reinigungs- und Verladegeräte) steht jedoch noch an ihren Anfängen.

Auf hoch verdichtungsgefährdeten Böden bieten Feldhäcksler mit aufgebautem Bunker die Möglichkeit, mit großvolumigen Reifen im Hundegang den Boden zu schonen. Von Nachteil sind allerdings der hohe Preis und die geringere Flächenleistung (durch das Abladen) des Feldhäckslers.

Wichtig ist in jedem Fall die Kapazitätsplanung, speziell im Hinblick auf die sehr hohen Erntemengen bei Biogasanlagen. Trotz Kostendruck müssen Maßnahmen zum Silagemanagement vorgesehen werden, um die Ernte bei ungünstigen Verhältnissen (nasse Böden) unterbrechen zu können.

4.6 Zuckerrübenernte

Selbstfahrende sechsreihige Köpfrödebunker weisen mit gefülltem Bunker sehr hohe Gesamtgewichte, Achs- und Radlasten auf. Bei zweiachsigen Maschinen kann die Radlast bei maximal gefülltem Bunker 10 t deutlich überschreiten. Bei feuchten Bodenverhältnissen kann diese Last selbst bei den größten heute verfügbaren Reifen zu Verdichtungen bis in den Unterboden führen. Richtschnur für die maximal zulässige Radlast ist ein Reifeninnendruck von höchstens 2 bar auf abgesetztem Boden. Erreichbar ist dies mit dem Einsatz dreiachsiger Rübenroder mit entsprechend verringerter Radlast, der Verwendung von Zwillingsrädern mit veränderbarer Spurweite der Hinterachse oder, analog dem Mähdrescher, der Ausrüstung mit Bandlaufwerken. Letztere Maßnahme zeigte in neueren Untersuchungen bodenschonende Effekte trotz einer hohen Auflast. Darüber hinaus ist es bei sehr feuchten Bedingungen von großem Vorteil, den Bunker nicht vollständig zu befüllen und so das Maximalgewicht zu reduzieren. Bei sehr langen Schlägen kann das Überladen auf bodenschonend ausgerüstete Transportfahrzeuge sinnvoll sein. Dabei muss jedoch unnötiger und unregelmäßiger Fahrverkehr vermieden werden.

Die Rodekapazität ist so zu planen, dass bei extremen Witterungsbedingungen ausreichend lange Rodepausen möglich sind. Zeitliche Flexibilität ist beim Anbauer für ein „Auf-Vorrat-Roden“ bei günstigen Bodenverhältnissen und bei der Zuckerfabrik für eine Verminderung der Verarbeitungsleistung in längeren Schlechtwetterperioden erforderlich.



Quelle: LfL

Abb. 13: Verteilung der Lasten auf 3 Achsen



Quelle: Holmer

Abb. 14: Zwillingsbereifung mit veränderbarer Spurweite der Roderhinterachse



Quelle: LfL

Abb. 15: Bandlaufwerk am Rübenroder

5. Begleitende Maßnahmen

Beim Kauf von Landmaschinen müssen Bodenschutzaspekte in die Entscheidung einfließen. Hierzu muss der Hersteller die für die Bodenbeanspruchung maßgeblichen Fahrzeug- und Reifendaten (Radlast, Stützlast, erforderlicher Reifeninnendruck für unterschiedliche Bereifungs- und Ausstattungsvarianten, Überrollmuster) in der Maschinenbeschreibung offenlegen.

Da die Maschinen- und Gerätekombinationen im praktischen Einsatz sehr unterschiedlich konfiguriert sein können, ist es für einen bodenschonenden Einsatz unumgänglich, die wahren Lasten (Gesamt-, Achs- und Radlasten, mit Betriebs- und Produktionsmitteln) zu kennen. Hierzu sind Wägungen auf einer Achslast- oder Plattformwaage (Fuhrwerkswaage) notwendig. Zukünftige Entwicklungen im Bereich der Sensortechnik können die Ermittlung der Radlast im Feld ermöglichen, z. B. über die Messung der Einfederung des Reifens, die in enger Beziehung zur Radlast steht.

Eine gezielte Schulung des Betriebspersonals muss einen hohen Kenntnisstand über Belange des Bodenschutzes gewährleisten.

Eine sensorgestützte Erfassung der Reifeneinfederung und der Spurtiefe zur Abschätzung der Verformung im Unterboden kann dem Anwender während der Feldarbeit Aufschluss über die aktuelle Befahrbarkeit des Bodens geben. Daraus kann abgeleitet werden, ob zusätzliche bodenschonende Maßnahmen notwendig sind.